

Ueber
elektrische Kraftübertragung.

Von
MAX JÜLLIG,
diplom. Ingenieur.

Vortrag, gehalten am 28. Februar 1883.

Mit sechs Holzschnitten.

Wenn wir die Rolle ins Auge fassen, welche die Elektrizität noch vor weniger als zehn Jahren im Haushalte des Menschen spielte, so finden wir, dass diese geheimnisvolle Naturkraft wohl schon seit Erfindung des elektrischen Telegraphen eine unentbehrliche Gehilfin des Menschen geworden ist, doch mit dem Vorbehalt, nur jene Arbeiten zu verrichten, die einen minimalen Kraftaufwand erfordern.

Die Elektrizität bewegte schon ehemals die sorgfältig eingestellten Telegraphenapparate, sie regulierte Uhrwerke, sie löste die Läutwerke der Eisenbahnen aus; doch die Kraft, mit welcher die Hämmer derselben an die Glocken schlagen, muss der Bahnwärter durch Aufwinden eines schweren Gewichtes zuerst aufspeichern und so der Elektrizität zur Verfügung stellen, die dann ihrerseits die rechtzeitige Auslösung zu besorgen hat.

Die Elektrizität wirkt also in diesen Fällen analog wie die Nerven im menschlichen Körper: anregend, bestimmend, befehlend.

Heute besteht diese Beschränkung nicht mehr.

Wir sind im Stande, elektrische Ströme von so kolossaler Intensität zu erzeugen, dass dieselben alle Arbeiten, auch der schwersten Art, die den Dampfmaschinen aufgebürdet wurden, mit voller Sicherheit verrichten können. Die Elektrizität pflügt und drischt, sie befördert schwere Lasten mit Eilzugsgeschwindigkeit, windet vollbesetzte Aufzüge in die Höhe, schöpft Wasser, bohrt Löcher in festes Gestein; sie leistet eben Alles, was bis jetzt Dampf, fließendes Wasser oder gepresste Luft zu bewirken im Stande waren. Fragen Sie nun: Welchen neuen Errungenschaften verdankt man so überraschende Erfolge? so muss ich Ihnen antworten: der hohen Vervollkommnung der dynamo-elektrischen Motoren und Inductoren. Es sind dies Maschinen, mit denen man mechanische Arbeit in elektrische Energie umzuwandeln vermag. Diese specielle Eigenschaft war auch für die Wahl des Namensmassgebend. Die dynamo-elektrischen Maschinen gestatten aber nicht nur eine Umwandlung der mechanischen Arbeitskraft in Elektrizität; man kann durch sie auch umgekehrt aus einem elektrischen Strome mechanische Arbeitskraft gewinnen. Zur Beurtheilung der Leistungsfähigkeit eines elektrischen Stromes ist eine numerische Bestimmung seiner Intensität unbedingt nothwendig, und da wir Elektrizität nicht abwiegen können, bedürfen wir eigenthümlicher elektrischer Maasseinheiten. Für die Einheit der Stromstärke hat der Congress der Elektriker in Paris 1881 den Namen Ampère acceptirt.

Es würde mich zu weit führen, Ihnen die streng wissenschaftliche Definition dieser Einheit zu geben, und

ich bemerke nur, dass ein elektrischer Strom, dessen Intensität wir ein Ampère nennen, im Stande ist, in einer Minute $5\frac{1}{2}$ Mgr. (in runder Zahl) Wasser in seine Bestandtheile: Wasserstoff und Sauerstoff zu zerlegen.

Auch Salzlösungen erfahren durch den elektrischen Strom eine chemische Zersetzung. Bringt man z. B. eine Lösung von Kupfervitriol in ein Glasgefäß und leitet dann einen elektrischen Strom durch die Flüssigkeit hindurch, so scheidet sich an jener Stelle, wo die positive Elektrizität die Flüssigkeit verlässt, an der sogenannten Kathode metallisches Kupfer aus. Ein Strom z. B., dessen Intensität gleich ein Ampère ist, reducirt in einer Minute nahezu 20 Mgr. Kupfer.

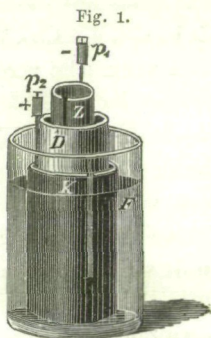
Ich hoffe, dass Sie nun wenigstens von der chemischen Wirksamkeit des Ampère eine bestimmte Vorstellung haben, so, dass wir von dieser Einheit als etwas Bekanntem sprechen können. — Wir müssen nun aber auch die magnetischen Wirkungen des elektrischen Stromes kennen lernen, da dieselben für die Construction dynamoelektrischer Maschinen massgebend sind. Im Jahre 1820 entdeckte Oersted in Kopenhagen, dass der elektrische Strom ganz eigenthümliche Wirkungen auf bewegliche Magnete auszuüben im Stande sei; doch erst dem berühmten französischen Physiker Ampère gelang es, die zahlreichen, von Oersted gesammelten Thatsachen einheitlich zu erklären.

Ampère zeigte auch, dass der elektrische Strom im Stande sei, unmagnetische Eisenstücke in kräftige Magnete — Elektromagnete — zu verwandeln.

Führt man nämlich einen Leitungsdraht, der von einem elektrischen Strome durchflossen wird, in Schraubenwindungen um einen Cylinder aus weichem Eisen, so verwandelt sich dieser sofort in einen kräftigen Magnet, der bei entsprechenden Dimensionen im Stande ist, bedeutende Lasten anzuziehen und festzuhalten. So gelang es dem Engländer Joule, einen cylindrischen Eisenstab von nur 8 Zoll Länge so kräftig zu magnetisiren, dass derselbe eine Last von mehr als 2000 Pfunden zu tragen im Stande war. Es ist begreiflich, dass man sofort daran dachte, die bedeutenden Anziehungskräfte der Elektromagnete praktisch zu verwerthen; und in der That finden wir schon in den dreissiger Jahren in Europa und Amerika zahlreiche Constructionen elektromagnetischer Motoren. Salvator Dal Negro in Padua soll der Erste gewesen sein, der mit einer derartigen Maschine in die Oeffentlichkeit trat. Es war dies im Jahre 1834. Die Angaben über die Leistungsfähigkeit seines Apparates sind aber sehr lückenhaft. Wir wissen nur, dass derselbe im Stande war, in jeder Minute 180 Gramm in die „Höhe“ zu heben. Wie gross aber diese Höhe gewesen, darüber lässt uns der Autor im Unklaren, so, dass eine Beurtheilung der Leistungsfähigkeit dieser Maschine unmöglich ist.

Bedeutende Erfolge erzielte Moriz Hermann Jakobi in St. Petersburg, dem wir auch die Erfindung der Galvanoplastik verdanken. Er setzte mit Hilfe seiner magneto-elektrischen Maschine ein zehnruderiges Boot, das mit 12 Mann belastet war, in Bewegung. Die Maschine hatte beiläufig $\frac{3}{4}$ Pferdekraft und bewegte das Boot

mehrere Stunden lang unausgesetzt gegen die Strömung und einen heftigen conträren Wind. Bald darauf construirten Stratingh und Becker in Gröningen einen elektromagnetischen Wagen, ebenso Botto in Turin, ohne die Leistungen Stratingh's zu kennen; Botto's Maschine besass eine Leistungsfähigkeit von 3 Kilogramm-Metern per Secunde oder $\frac{1}{25}$ Pferdekraft. Es ist dies beiläufig das Dreifache jener Arbeitskraft, die zum Betriebe einer Nähmaschine erforderlich ist. In Amerika waren es besonders Davenport, ein Hufschmied aus Rutland im Staate Vermont, ferner Sturgeon und Page, welche sich mit der Erzeugung elektromagnetischer Motoren befassten. Der Letztere suchte die Kolbenbewegung der Dampfmaschine nachzuahmen, indem er den Dampfzylinder durch eine elektrodynamische Spule, den Dampfkolben durch einen Eisenkern ersetzte.



Alle diese Versuche zeigten, dass man wirklich im Stande sei, mit Hilfe des elektrischen Stromes bedeutende Arbeitsleistungen zu erzielen. Die praktische Durchführung im Grossen scheiterte jedoch an den enormen Kosten für die Instandhaltung der Batterien.

Fig. 1 stellt ein Element einer galvanischen Batterie, ein sogenanntes Daniell-Element dar.

In einem Glasgefässe steht ein Hohlzylinder aus dünnem Kupferblech (K), der eine poröse Thonzelle —

das Diaphragma (D) — umschliesst. Im Diaphragma befindet sich ein Hohlcylinder (Z) aus Zink.

Das Glasgefäss wird mit concentrirter Kupfervitriol-lösung, das Diaphragma mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt.

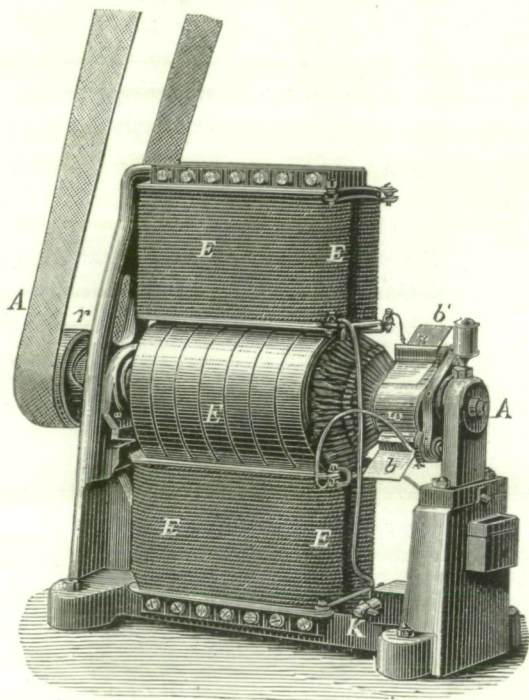
Derartige Elemente geben sehr constante Ströme und werden mit Vorliebe zum Telegraphiren verwendet. Nach längerem Gebrauche findet man aber, dass das Zink bedeutend an Gewicht verloren hat; die Cylinder sind ganz zerfressen und werden endlich unbrauchbar. Es ist also die Elektricitätsentwicklung mit bedeutendem Zinkverbrauche verknüpft. Wollte man mit einer derartigen Batterie metallisches Kupfer aus einer Lösung abscheiden, so würde man für je 20 Mgr. abgeschiedenen Kupfers $20\frac{1}{2}$ Mgr. Zink verbrauchen. Erzeugt man mittelst einer Daniell'schen Batterie einen Strom, dessen Intensität gleich ist ein Ampère, so wird in dieser Batterie in jeder Minute eine Zinkmenge von $20\frac{1}{2}$ Mgr. aufgelöst und in verhältnissmässig werthlosen Zinkvitriol verwandelt. Diese Zahlen setzen uns in Stand, den Zinkverbrauch bei gegebener Stromstärke zu berechnen. Ist uns auch der Einheitspreis für Zink gegeben, so erhalten wir sofort den Preis für die Stromeinheit.

Telegraphendirector Merling in Hannover berechnet, dass der Kostenaufwand für Batterieströme 20 bis 27 mal grösser ist als jener für die auf mechanischem Wege erzeugten Ströme.

Noch vor kurzer Zeit war die galvanische Batterie Alleinherrscherin in den Telegraphenanstalten. Das ist

nun anders geworden, seitdem Schwendler in Calcutta und Andere gezeigt haben, dass man ebenso gut eine

Fig. 2.



dynamo-elektrische Maschine als Stromquelle benutzen kann und hiebei noch eine bedeutende Kostenersparniss erzielt.

Fig. 2 zeigt eine Siemens'sche dynamo-elektrische Maschine, die dazu bestimmt ist, einen continuirlichen elektrischen Strom zu erzeugen.

An jeder derartigen Maschine bemerkt man eine Achse (AA), welche durch mechanische Arbeitskraft in Drehung versetzt werden kann und zu diesem Zwecke mit einer Riemenscheibe r verbunden ist.

Die erzeugte Elektrizität strömt zu den beiden Polklemmen, von denen in Fig. 2 nur die eine (K) sichtbar ist.

Verbindet man beide Klemmen durch einen beliebig gestalteten Leitungsdraht, so beginnt im Momente, als man die Riemenscheibe in Drehung versetzt, die Elektrizitätsentwicklung, und je rascher man dreht, desto grösser ist die Intensität des im Leiter cirkulirenden elektrischen Stromes. Allerdings kann man die Rotationsgeschwindigkeit nicht beliebig weit treiben, da einerseits die Centrifugalkraft der rotirenden Bestandtheile schliesslich ein gewaltsames Zerreißen derselben veranlassen würde, andererseits wegen der bedeutenden Reibung in den Achsenlagern ein Heisslaufen derselben eintreten müsste.

Man begnügt sich in der Regel mit 1000 bis 1200 Umläufen in der Minute, was einer Drehungsgeschwindigkeit von 17 bis 20 Touren in der Secunde entspricht.

Um die Wirkungsweise dieser Maschine zu erklären, muss ich aber auf einige Thatsachen aus dem Gebiete des Magnetismus zurückkommen.

Weiches Eisen wird durch Annäherung eines Magnetes selbst magnetisch, behält diesen Magnetismus jedoch

nur so lange bei, als es sich im Bereiche des inducirenden — magnetische Kraft hervorrufenden — Magnetes befindet.

Entfernt man den letzteren, so verliert auch das Eisen rasch seinen Magnetismus. Nur eine ausserordentlich geringe Menge desselben, der sogenannte remanente Magnetismus bleibt zurück.

Da die Erde selbst ein grosser Magnet ist, so giebt es überhaupt kein Stück Eisen, das nicht durch den Einfluss des Erdmagnetismus mehr oder weniger magnetisirt wäre. Ganz unmagnetisches weiches Eisen könnte man nur herstellen, wenn man es einer magnetisirenden Kraft aussetzen würde, die jener der Erde gleich, aber entgegenwirkend ist.

Bekanntlich findet man an jedem Magnete zwei, unter Umständen auch mehrere Punkte, an denen die magnetischen Eigenschaften besonders kräftig zum Vorschein kommen, und man nennt diese die Pole.

Eine Kugel aus weichem Eisen wird durch den Erdmagnetismus derart beeinflusst, dass die Verbindungslinie beider Pole durch den Mittelpunkt der Kugel hindurchgeht. Diese ideale Verbindungslinie ist aber keineswegs horizontal, wie z. B. die magnetische Achse einer Compassnadel, sondern sie schliesst mit der Horizontalebene einen Winkel von etwas mehr als 60° ein; es ist dies jener Winkel, um welchen auch eine in jeder Richtung frei bewegliche Magnetnadel (Inklinationsnadel) gegen eine Horizontalebene geneigt ist.

Dreht man die Kugel, so kann man dabei keineswegs die magnetische Achse derselben mitbewegen. Diese

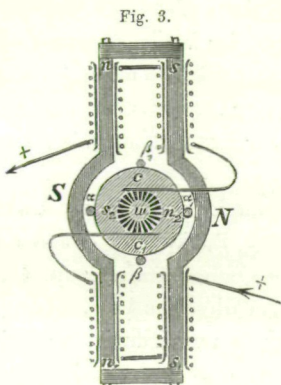
bleibt fast ganz unverändert im Raume stehen, und nur bei ziemlich rascher Drehung der Kugel wird dieselbe etwas nach der Seite der Drehung abgelenkt werden.

Ganz anders verhalten sich Stahlmassen.

Diese nehmen durch blosses Annähern eines Magnetes nur wenig Magnetismus an. Hat man sie aber einmal in den magnetischen Zustand gebracht, so behalten

sie denselben auch bei, so lange nicht bedeutende Kräfte den Magnetismus zerstören.

Die Einrichtung der Siemens'schen Dynamomaschine ist nun folgende: Zwischen Elektromagneten eigenthümlicher Art roirt ein Hohleylinder $c c_1$ (Fig. 3) aus weichem Eisen, der mit isolirtem Kupferdraht bewickelt ist.



Wir nennen ihn „Cylinder-Inductor“. Jeder der beiden Elektromagnete (siehe auch Fig. 2, Seite 429, $E E'$) hat drei Pole: zwei gleichnamige an den Enden ($n n_1$ und $s s_1$, Fig. 3) und einen diesen beiden entgegengesetzten ($N S$) in der Mitte.

Die einander gegenüberliegenden, entgegengesetzt magnetischen Enden ns , $n_1 s_1$ der Elektromagnete werden durch aufgeschraubte Eisenstücke verankert und so der an ihnen vorhandene freie Nord- und Südmagnetismus gebunden. Nur der mittlere Pol kommt ungeschwächt

zur Wirkung und inducirt im weichen Eisen des drehbaren Cylinders kräftige magnetische Pole, die den gegenüberstehenden ungleichnamig sind. Dreht man nun den Cylinder, so kommen die magnetisirten Eisenpartien aus dem Bereich der Elektromagnetpole, während noch unmagnetische Eisenmassen an ihre Stelle rücken; letztere werden aber sofort durch Induction magnetisch, während die ersteren ihren Magnetismus verlieren.

Auf diese Weise bewegt sich der magnetische Zustand im Cylinder genau mit der nämlichen Geschwindigkeit wie dieser selbst, aber in entgegengesetzter Richtung und bleibt somit relativ gegen die fixen Elektromagnete auf derselben Stelle. Die Magnetpole im Cylinder sind in beständiger Bewegung, aber wie ein Eichhörnchen, das im drehbaren Käfig immer aufwärts läuft, ohne von der Stelle zu kommen, so bewegen auch sie sich, ohne ihre absolute Lage im Raume merklich zu verändern.

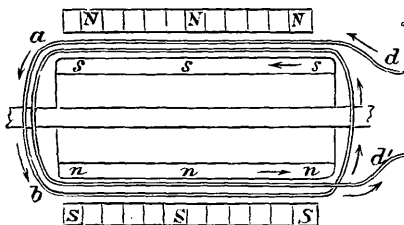
Denken wir uns die Siemens'sche Dynamomaschine durch eine Horizontalebene geschnitten, welche durch die Drehungsachse geht, und heben wir die obere Hälfte ab, so ergibt sich nachstehende Figur (4), Seite 434. *NNN* sind kräftige Nordpole, *SSS* Südpole der vertical stehenden Elektromagnete. Ihnen gegenüber befinden sich die im drehbaren Eisencylinder inducirten ungleichnamigen Pole *sss* und *nnn*, welche, wie wir gesehen haben, trotz der Drehung des Cylinders ihre absolute Lage im Raume nicht ändern.

Nehmen wir vorläufig an, dass um den Cylinder nur ein einziger Draht *dd*, gewunden sei (wie dies

Fig. 4 zeigt), und betrachten wir die Wirksamkeit des Apparates, im Falle ein elektrischer Strom hindurchgeleitet wird. Denken wir uns zu diesem Zwecke die Enden $d d_1$ des in Fig. 4 als Doppelschlinge gezeichneten Drahtes $d a b d_1$ mit den Polen einer Elektrizitätsquelle verbunden, so dass die positive Elektrizität in der Richtung der Pfeile strömt. ¹⁾

Die Wechselwirkung zwischen dem elektrischen Strome und den Magnetpolen wird, einem von Ampère ermittelten Naturgesetze zufolge, darin bestehen, dass

Fig. 4.



die Stromleiter $a d$ einen Druck nach aufwärts, das Drahtstück $b d_1$, hingegen eine Pressung nach abwärts erleiden; beide Kräfte werden somit ein drehendes Kräftepaar bilden, das den Cylinder in Bewegung setzt.

Es ist begreiflich, dass die Intensität dieses Kräftepaares um so grösser werden wird, je mehr solcher von Elektrizität durchströmter Drähte wir zur Verwendung

¹⁾ Dies wäre der Fall, wenn wir d mit dem Kupfer- und d_1 mit dem Zinkcylinder eines Daniell'schen Elements verbinden würden.

bringen. Man begnügt sich deshalb nicht mit einer einzigen Windung, sondern umspinnt den ganzen Cylinder in möglichst vielen Lagen mit Draht.

Es fragt sich nun: kann ein constanter Strom, der die Drahtwindungen $d a b d$, durchläuft, eine continuirliche Drehung hervorrufen?

Keineswegs. —

Die kräftigste Wirkung tritt dann auf, wenn sich die Drähte in den Punkten $\alpha \alpha_1$ (Fig. 3, Seite 432) befinden, und wird allmählig geringer, je mehr sich dieselben den Punkten $\beta \beta_1$ nähern.

Es ist deshalb nothwendig, im Momente, wo die Ebene der betreffenden Drahtwindung vertical steht, die Richtung des Stromes umzukehren. Dies gilt, wie für die in Betrachtgezogenen, so auch für alle übrigen Drahtwindungen.

v. Hefner-Alteneck, Chefingenieur der Firma Siemens & Halske, hat zu diesem Zwecke einen eigenthümlichen Commutator (Stromwender) construirt.

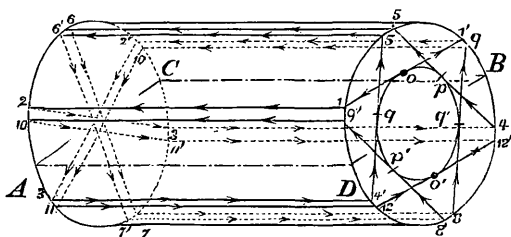
In Fig. 2, Seite 429, sehen wir die beiden Kupferpinsel b und b' . Dieselben werden aus parallel gelegten steifen Kupferdrähten gebildet, die an dem einen Ende durch Löthung verbunden sind. Das andere Ende dieser Pinsel schleift auf der in rascher Drehung befindlichen Metallwalze w , die aus einzelnen, von einander isolirten Kupferstücken zusammengesetzt ist (Fig. 3, Seite 432) und den eigentlichen Commutator bildet.¹⁾

¹⁾ In Fig. 3 sind die Kupferlamellen schwarz, die Isolirungsmasse weiss.

Um die Wirksamkeit des letzteren zu erläutern, müssen wir aber zuvor noch die Lage der Drahtwindungen auf dem rotirenden Eisencylinder näher ins Auge fassen.

Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung der Bewicklung eines Cylinder-Inductors. Die mit Pfeilspitzen versehenen geraden Linien sind als stromleitende Drähte aufzufassen, welche in ihrer ganzen Länge mit Isolirmaterial überzogen sind. Nur an den Punkten oo' , pp' , qq' sind dieselben blank und stehen mit je einer Kupfer-

Fig. 5.



lamelle der Walze w (Fig. 3 und 2) in leitender Verbindung.

Die Commutatorwalze selbst ist in Fig. 5 weggelassen, um die Zeichnung nicht undeutlich zu machen. Die Basis der Commutatorwalze wird der Kreis $opq q' p' o'$ sein.

Nehmen wir nun an, dass die Bürsten (oder Pinsel) gerade mit jenen Kupferlamellen auf der Commutatorwalze in Berührung sind, welche zu den Punkten oo' der Bewicklung führen, so findet, wenn die Kupferpinsel bb' mit den Polen einer Elektrizitätsquelle verbunden sind, der elektrische Strom seinen Weg durch die betref-

fende Kupferlamelle zum Punkte o und verzweigt sich dann nach rechts und links, wie dies die beiden Pfeile andeuten. Der nach der rechten Seite gehende Zweigstrom findet seinen Weg über $1' 2' 3' 4' 5' 6' 7' 8' 9' 10' 11' 12'$ bis zum Punkte o' . Nach links führt der Stromleiter 1, 2, 3 . . . bis 12 den zweiten Zweigstrom ebenfalls bis zum Punkte o' , wo sich beide Ströme wieder vereinigen und zur zweiten Bürste geführt werden. Betrachtet man die Fig. 5 näher, so findet man, dass sich der Cylinder durch eine Ebene $ABCD$,¹⁾ welche durch die Achse desselben geht, in zwei Stücke theilen lässt, so dass in der einen Hälfte alle elektrischen Ströme von rechts nach links, in der anderen alle von links nach rechts fließen.

Die Lage dieser Ebene hängt von der Stellung der ableitenden Bürsten ab; die Ebene soll immer die Punkte $\beta\beta$, (Fig. 3) in sich enthalten, so dass die auf der linken Seite dieser Ebene gelegenen Leiterstücke von Strömen durchflossen werden, welche jenen in den Leitungsdrähten auf der rechten Seite entgegengesetzt sind. Dann werden sich die sämtlichen drehenden Kräfte summieren.

Geräth nun der Cylinder in Drehung, so kommen successive die Punkte qq' , pp' an die Stelle von oo' , und es findet dann in diesen Punkten die Stromverzweigung statt, während die früher erwähnte Ebene ihre Lage im Raume ziemlich unverändert beibehält.

¹⁾ Siehe die strichpunktirte Linie.

Der Construction von Fig. 5 ist ein reguläres Sechseck zu Grunde gelegt. In der praktischen Ausführung nimmt man jedoch ein Polygon von weit grösserer Seitenzahl (z. B. ein Sechsenddreissigeck). Auch sind die in Fig. 5 der Deutlichkeit halber neben einander gezeichneten Drahtstücke 1, 2; 9', 10' — 11, 12; 3', 4' u. s. w. nicht neben-, sondern übereinander gewickelt.

Auf diese Weise gelingt es, sämtliche Ströme links von $\beta\beta$, jenen auf der rechten Seite entgegengesetzt zu richten, so dass sich die drehenden Wirkungen summiren. Wir haben nun die Function der Maschine als Motor in's Auge gefasst und gezeigt, dass ein durchgeleiteter Strom dieselbe in Bewegung setzt. — Die zweite Function der Maschine besteht, wie schon früher erwähnt, darin, einen elektrischen Strom zu liefern, wenn die Achse durch mechanische Kraft in Umdrehung versetzt wird.

Faraday hat gezeigt, dass unter gewissen Umständen durch die Bewegung eines Magnets elektrische Ströme in einem benachbarten geschlossenen Leiter erzeugt werden, die wir Magneto-Inductionsströme nennen. — Den Raum zwischen zwei entgegengesetzten Magnetpolen nennt Faraday ein magnetisches Feld. — An unserem Dynamo-Inductor finden Sie zwei kräftige magnetische Felder; es sind die Räume zwischen den fixen Elektromagnetpolen *NN*, *SS* und jenen im Cylinder-Inductor *ss*, *nn*. Versetzen wir nun den letzteren durch eine äussere Kraft in rasch rotirende Bewegung, so werden die Leitungsdrähte der Umwicklung in rascher Folge

die kräftigen magnetischen Felder passiren. Hiedurch werden Magneto-Inductionsströme erzeugt, welche mit Hilfe des schon beschriebenen Cumulators gesammelt und den Polklemmen zugeführt werden.

Zu Beginn der Bewegung befindet sich in den inducirenden Magneten nur ein wenig remanenter Magnetismus. Doch da der erzeugte Strom vor seiner weiteren Verwendung die Elektromagnetkerne umkreist, so werden diese immer kräftiger, verstärken ihrerseits den Strom u. s. f. Doch kann erfahrungsgemäss bei immer steigender Stromstärke die Magnetisirung ein gewisses Maass nicht überschreiten, so dass eine fortgesetzte Vergrösserung der Rotationsgeschwindigkeit keine unbegrenzte Verstärkung des Magnetismus bewirken wird.

In einer Ecke des Saales befindet sich eine dynamo-elektrische Maschine, deren Cylinder-Inductor durch Menschenkraft in rasche Rotation versetzt werden kann. Vor Ihnen sehen Sie einen ganz kleinen Griscom'schen Elektromotor aus Philadelphia. ¹⁾ Von den Polklemmen der dynamo-elektrischen Maschine führen zwei sorgfältig isolirte kupferne Kabel zu den beiden Klemmschrauben dieses kleinen Motors. Auf der Achse desselben steckt eine Riemenscheibe kleinster Dimension, welche mit der Betriebswelle einer Nähmaschine gekuppelt ist. ²⁾ Ich

¹⁾ Moteur à double induction.

²⁾ Die genannten Apparate wurden mir von den Firmen: Siemens und Halske, Braun und Heider, Hauck und Rohrböck bereitwilligst zur Verfügung gestellt, wofür ich denselben im Namen des Vereines herzlich danke.

werde nun die dynamo-elektrische Maschine in Thätigkeit setzen lassen. Der elektrische Strom geht durch die Kabel in den kleinen Motor und setzt diesen in Bewegung. Sofort beginnt auch die Nähmaschine zu laufen.

Die kostspielige Menschenkraft kann selbstverständlich nur bei Vorlesungsversuchen zur Anwendung kommen. Im praktischen Leben wird man Dampf-, Gas- oder Heissluftmotoren verwenden. Von der höchsten Bedeutung aber wird die elektrische Krafttransmission, wenn uns mächtige Naturkräfte zur Verfügung stehen: die Kraft des Wassers und des Windes. Jeder Wasserfall repräsentirt eine gewisse Arbeitskraft, die von der in der Secunde zuströmenden Wassermenge und deren Fallhöhe abhängig ist. Wir bezeichnen als Arbeitseinheit jene Leistung, die in einer Secunde ein Kilogramm einen Meter hoch hebt, und nennen diese Einheit Secunden-Kilogramm-Meter. Eine Pferdekraft ist äquivalent 75 solchen Arbeitseinheiten.

Somit würde schon ein ganz kleiner Wasserfall, bei dem in der Secunde 75 K. (Liter) Wasser 1 M. tief fallen, eine theoretische Arbeitsfähigkeit von einer Pferdekraft repräsentiren.

Errichten wir nun an einem Wasserfall eine Turbinenanlage, so können wir leicht 65 % der theoretischen Arbeitskraft der herabstürzenden Wassermassen nutzbringend machen. Wir treiben durch die Turbine eine dynamo-elektrische Maschine, die uns Elektrizität erzeugt. Die letztere wird dann durch Kabel auf weite Strecken fortgeleitet und am gewünschten Orte in beliebiger Weise

zur Krafterzeugung, wie Sie es hier gesehen haben, oder zu Beleuchtungs- und Heizzwecken, oder auch zu den Zwecken der chemischen Industrie verwendet.

Der Gedanke, Wasserkräfte auszunützen und die gewonnene Arbeitskraft mechanisch auf weite Strecken fortzuleiten ist übrigens nicht neu.

In Schaffhausen wird die Kraft des Rheins dazu benützt, eine mächtige Turbinenanlage von 900 Pferdekraften in Betrieb zu setzen.

Ein Theil der Arbeitskraft wird mittelst schief liegender eiserner Wellen zu einer Fabrik geleitet, die sich auf einem benachbarten Hügel befindet, während der grösste Theil mittelst einer quer über den Rhein gespannten Seiltransmission dem Städtchen Schaffhausen zugeführt wird. Auch unmittelbar beim Rheinfalle befindet sich eine Turbine, die durch eine schief liegende Welle mit einem grossen Fabriksetablissement verbunden ist. Gewiss ist aber die Herstellung einer Seiltransmission weit kostspieliger als die Legung eines Kabels, und die enorme Distanz von 50 Km., auf welche man Kraft elektrisch überträgt, wird wohl nie als Seiltransmission ausgeführt werden. Bis jetzt hat man sich in jenen Fällen, wo man sehr lange Transmissionen nicht umgehen konnte, so z. B. beim Tunnelbau, mit Vorliebe der pneumatischen und hydraulischen Kraftübertragung bedient. Im Arlberg z. B. wird von der westlichen Seite mit hydraulischen, von der östlichen mit pneumatischen Maschinen gebohrt. Bei grosser Länge der Luftzuleitungsrohre ist nun der Arbeitsverlust sehr bedeutend, so dass von der

aufgewendeten Arbeit kaum ein Viertel nutzbringend angewendet werden kann.

Auch bei der elektrischen Kraftübertragung ist ein gewisser Energieverlust unvermeidlich. Sie haben gesehen, dass die allerdings nicht vollständig ausgenützte Kraft eines Mannes eine Arbeit verrichtet, die man bis jetzt ohne Gewissensbisse zwei zarten Damenfüssen übertrug; es wird also dieses Experiment keineswegs so sehr zu Gunsten der elektrischen Kraftübertragung sprechen. Bei Versuchen im Grossen ist aber der Nutzeffect viel bedeutender. — Im Durchschnitte gelingt es, 30 bis 40 % der aufgewendeten Arbeit durch ein Kabel zu übertragen, und noch dazu auf Distanzen, die mehrere hundertmal grösser sind als jene, für welche ich das Experiment hier angestellt habe. ¹⁾ Die Ursachen, aus welchen die Kraftverluste entspringen, sind theils in der Maschine, theils in der Leitung zu suchen. Joule hat gezeigt, dass jeder elektrische Strom eine Erwärmung des Leiters hervorruft, welche dem Quadrate der Stromintensität proportional ist und ebenso mit der Grösse des Leitungswiderstandes wächst. Diese im Leiter auftretende Wärme müssen wir aber durch Arbeitsaufwand im Inductor erzeugen, und jener Theil der aufgewendeten Arbeit, welcher im Leiter in Wärme umgewandelt wird, ist für den Elektromotor unbedingt verloren.

¹⁾ Die Gesamtlänge der beiden Kabel, welche die im Vortragssaale aufgestellte Dynamomaschine verbanden, betrug 30 Meter.

Verhindert man den Motor, Arbeit zu leisten, so muss die ganze vom Inductor erzeugte elektrische Energie in Wärme umgewandelt werden.

Um die Richtigkeit dieser Behauptung experimentell nachzuweisen, benützen wir den Strom, der früher unter Vermittlung des Griscom'schen Motors eine Nähmaschine betrieb, dazu, eine Siemens'sche Dynamomaschine in Bewegung zu setzen. Zugleich schalten wir in die Zuleitung ein Stück Eisendraht ein. Ich lasse den Inductor in Bewegung setzen und sofort beginnt auch der Cylinder-Inductor des Motors zu rotiren. Die Geschwindigkeit desselben vergrößert sich fortwährend, bis endlich die wachsende Reibungsarbeit eine weitere Vergrößerung der Umdrehungsgeschwindigkeit unmöglich macht.

Nun lege ich die Hand auf die Riemenscheibe des Motors und hemme deren Bewegung. Sofort beginnt der eingeschaltete Eisendraht zu rauchen, die Staubtheilchen gerathen in Brand, der Draht beginnt zuerst dunkelroth zu glühen, die Temperatur steigt fortwährend, nun ist der Draht weissglühend und schmilzt schliesslich ab. Wir sehen also, dass die elektrische Energie, die wir früher in Arbeit verwandelt haben, nun als Wärme auftritt. Würde ich diesen Eisendraht in Spiralenform bringen und in ein Gefäss mit Wasser eintauchen, so würde die ganze auftretende Wärmemenge an dasselbe abgegeben werden. Das Wasser müsste endlich zum Sieden kommen, und wir könnten es nach Belieben zum Kochen verwenden. Sie könnten nun fragen: Ja, warum wird denn nicht auch

das Kabel so heiss wie der Eisendraht, warum gerathen nicht auch die isolirenden Bänder, mit welchen dasselbe umwickelt ist, in Brand? Dies geschieht nicht, weil der Widerstand des dicken Kupferkabels weitaus geringer ist als jener des dünnen Eisendrahtes. Die in einem Elektrizitätsleiter entwickelte Wärmemenge ist nach Joule dem Leitungswiderstande und dem Quadrate der Stromintensität proportional. Der Leitungswiderstand ist aber von den Dimensionen und der materiellen Beschaffenheit des Leiters abhängig. Je grösser der Querschnitt eines Leiters, desto geringer ist sein Leitungswiderstand (für die Längeneinheit). Hinsichtlich des Einflusses der materiellen Beschaffenheit finden wir, dass unter den Metallen Silber am besten den elektrischen Strom leitet. Ihm zunächst steht das Kupfer, sodann folgen: Messing, Platin, Eisen, Neusilber, Quecksilber mit immer grösserem spezifischen Leitungswiderstande. Es ist somit klar, dass in einem dünnen Eisendraht der Widerstand pro Längeneinheit weit grösser sein muss als in einem gleich langen dicken Kupferdraht, dass somit auch die im Eisendrahte entwickelte Wärmemenge grösser sein muss als jene, die im Kupferkabel auftritt. Hiebei ist immervon der in gleich langen Leiterstücken und gleichen Zeiträumen gebildeten Wärmemenge die Rede.

Eben so nothwendig wie die numerische Bestimmung der Stromintensität (in Ampères) ist die Angabe von Zahlendaten für den Leitungswiderstand. Als Einheit dient fast allgemein der von Dr. Werner Siemens ein-

geführte Widerstand einer Quecksilbersäule von 1 M. Länge und 1 □ Mm. Querschnitt. ¹⁾)

Die vom Congress der Elektriker in Paris angenommene Einheit, das Ohm, ist beiläufig um 5 0/0 grösser als die Siemens-Einheit.

Dem Joule'schen Gesetze gemäss müssen wir, um die im Stromkreise auftretende Wärmemenge möglichst zu verringern, den Leitungswiderstand so klein als möglich machen. Dies führt zur Construction kupferner Leitungen von möglichst grossem Querschnitte, welche ausserordentlich theuer sind.

Wir haben jedoch noch ein anderes Mittel, die im Stromkreise auftretende Wärmemenge zu verringern: wir brauchen nur die Stromintensität möglichst klein zu machen.

Marcel Deprez hat sowohl durch Versuche, als auch durch Rechnungen bewiesen, dass es möglich ist, die Arbeitskräfte einer zehnpfördigen Dampfmaschine mit Hilfe eines gewöhnlichen Telegraphendrahtes von 4 Mm. Durchmesser 50 Km. weit fortzupflanzen. In einem Telegraphendraht darf aber die Stromintensität keineswegs jene enorme Grösse besitzen, die wir in manchen zu Beleuchtungszwecken dienenden Kupferleitungen zulässig finden, da derselbe unfehlbar ab-

¹⁾ Da der Leitungswiderstand auch von der Temperatur abhängig ist, tritt noch die Bedingung hinzu, dass das Quecksilber die Temperatur des schmelzenden Eises besitze.

schmelzen würde. Deprez bewirkt die Kraftübertragung mit einer Stromintensität von einem bis zwei Ampères. Es ist diese Stromstärke allerdings tausendmal grösser als jene der gewöhnlichen Telegraphenströme, hingegen ausserordentlich gering im Vergleich mit den mächtigen elektrischen Strömen, die man zu Beleuchtungszwecken und in der chemischen Grossindustrie anwendet. Ströme für die letzteren Zwecke erreichen eine Intensität von 50 bis 100 Ampères.

Deprez hat gelegentlich der elektrischen Ausstellung in Paris dem Congress der Elektriker ein bis in die kleinsten Details ausgerechnetes Beispiel für die elektrische Uebertragung einer Arbeitskraft von zehn Pferden vorgelegt. Ich werde es nun versuchen, die Ergebnisse dieser Rechnung an der Hand einer Analogie zu erläutern, die zur Popularisirung der Elektrizitätslehre glücklich dient: Es ist die Analogie zwischen strömender Elektrizität und fliessendem Wasser. — Lassen wir Benjamin Franklin's unitarische Hypothese gelten und nehmen wir an, im elektrischen Strome sei nur die positive Elektrizität in Bewegung, während die negative an den ponderablen Atomen haftet. Da es uns vor Allem um Arbeitsleistungen zu thun ist, so fragen wir: Wovon ist die Arbeitsfähigkeit eines Wasserstromes abhängig? Antwort: Von der pro Secunde zuströmenden Wassermenge und deren Druck.

50 Liter Wasser von zwei Atmosphären Spannung werden dieselbe Arbeit leisten wie 2 Liter Wasser unter dem Drucke von fünfzig Atmosphären.

Sind wir gezwungen, Wasser durch eine Röhrenleitung zuzuführen, so können wir zur Erzielung einer bestimmten Arbeitsleistung in zweierlei Weise vorgehen: Entweder verwenden wir weite Röhren und bekommen dann grosse Quantitäten Flüssigkeit, die schon bei geringem Drucke die gewünschte Arbeit leisten — oder wir begnügen uns mit geringer Wassermenge (per Zeiteinheit), vermehren dafür aber die Spannung des Wassers um soviel, dass wieder die gewünschte Arbeitsleistung zum Vorschein kommt.¹⁾

Um nun zu den elektrischen Erscheinungen überzugehen, verwechseln wir einfach „Wassermenge“ mit „Elektricitätsmenge“, während wir den Ausdruck „Spannung“ beibehalten können. Allerdings müssen wir die elektrische Spannung mit einer andern Einheit vergleichen als die Spannung einer Flüssigkeit. Wir haben die letztere in Atmosphären gemessen, wobei jener Druck einer Flüssigkeit als Einheit angenommen wird, der auf einen Quadratcentimeter der Gefässwand gerade so wirkt wie der Druck eines Kilogramms. — Die Einheit der elektrischen Spannung hingegen nennen wir ein Volt. — Diese Spannungseinheit ist ebenso wie das Ampère — die Einheit der Stromintensität — und das Ohm, welches wir als Einheit des Leitungswiderstandes kennen gelernt haben, dem System absoluter elektrischer Maasse entlehnt. Diese drei wichtigsten elektrischen Maasseinheiten stehen

¹⁾ Dies tritt ein, wenn das Product aus der Maasszahl für die pro Secunde zuströmende Wassermenge und jener für den Druck der Flüssigkeit constant bleibt.

zu einander in sehr einfacher Beziehung, die sich auch leicht mathematisch formuliren lässt.

Ich will es aber auch hier versuchen, die mathematische Formel zu umgehen und einen speciellen Fall durch die Betrachtung der Vorgänge an einem Daniell-Elemente (Fig. 1 Seite 427) zu erläutern. Leiten wir den einen Pol p_1 eines solchen Elementes zur Erde ab, so finden wir am andern, p_2 , eine gewisse Menge von Electricität angehäuft, deren Spannung erfahrungsgemäss nahezu ein Volt beträgt. Verbinden wir aber beide Pole mit einem Leitungsdraht und setzen wir voraus, dass der Gesamtwiderstand des auf diese Weise geschlossenen Stromkreises ein Ohm betrage, so ist die Intensität des elektrischen Stromes gleich einem Ampère. Mit anderen Worten: eine Spannungsdifferenz von einem Volt erzeugt in einem geschlossenen Leiter vom Widerstande eines Ohm einen Strom, dessen Intensität gleich einem Ampère ist.

Deprez arbeitet nun mit Strömen von geringer Intensität und hoher Spannung und erzielt dadurch, trotz des bedeutenden Widerstandes der Leitung, ein sehr günstiges Verhältniss zwischen der nutzbaren und verlorenen Arbeit. Wie schon früher erwähnt, ist die letztere dem Widerstande und dem Quadrate der Stromintensität proportional. Gelingt es also, bei gleicher Stromstärke den Widerstand auf die Hälfte zu reduciren, so wird auch die in der Leitung nutzlos erzeugte Wärmemenge nur mehr halb so gross sein. Eine Reduction der Stromintensität auf die Hälfte bringt hingegen die verlorene Wärmemenge auf den vierten Theil ihrer ursprünglichen

Grösse, erweist sich somit doppelt so vorthcilhaft. Bei alldem dürfen wir aber nicht auf die Gefahren vergessen, welche eine Vermehrung der elektrischen Spannung mit sich bringt. — Hochgespanntes Wasser hat das Bestreben, die umgebenden Gefässwände zu zerreißen. Hochgespannte Elektrizität kann die isolirende Kabelhülle durchbrechen, und es ist ja bekannt, dass man durch den elektrischen Funken einer Leydnerbatterie dicke Glasplatten durchlöchern kann. — Deprez gelangt in seiner Rechnung zu Spannungen von mehr als 2000 Volts, Spannungen, die sich wohl mit jenen der berühmten Batterien von Humprey Davy und Warren de la Rue vergleichen lassen. Solche Leitungen müssen auf das Sorgfältigste isolirt werden, sowohl um grossen Elektrizitätsverlusten vorzubeugen, als auch behufs Wahrung der persönlichen Sicherheit der Manipulirenden.¹⁾ — Eine weitere Gefahr liegt darin, dass der Elektrizität empfangende Motor plötzlich, sagen wir durch den Bruch seiner Achse zum Stillstehen kommen kann, ohne dass dabei die Leitung unterbrochen wird. Die gesammte Energie der arbeitenden Maschine wird dann, wie Sie gesehen haben, in Wärme umgesetzt, die, wenn auch nicht ein Abschmelzen des Leitungsdrahtes, doch leicht ein Durchbrennen der Kabelhülle bewirken kann.

Weitere Veranlassungen für Energieverluste bieten die vielen Ableitungen in den Unterstützungspunkten

¹⁾ Man beabsichtigt in England ein Gesetz zu schaffen, das die höchste zulässige Spannung mit 200 Volt limitirt.

des Kabels und die Reibung der kupfernen Bürsten an den Commutatoren.

Im Grossen und Ganzen ergibt sich, dass die heute üblichen Constructionen dynamo-elektrischer Maschinen keineswegs ökonomisch genannt werden können. Es sind mehr oder weniger nur Demonstrationsobjecte, bestimmt, bei verhältnissmässig geringem Capitalsaufwande glänzende Effecte zu erzielen, wenn auch dabei Energie verschwendet wird. Gewiegte Praktiker behaupten, dass die Leistungsfähigkeit solcher Maschinen mit der dritten Potenz ihrer Dimensionen wachse, dass also eine Verdopplung der Dimensionen die Leistungsfähigkeit auf das Achtfache bringen werde.

In Zukunft werden wir es nicht mehr nöthig haben, die in mächtigen Kohlenlagern gesammelte Energie der Sonnenstrahlen, welche vor Millionen von Jahren den Erdball erwärmten, auf dem mühsamen Wege der mechanischen Förderung durch Schachtaufzüge und Eisenbahnen auszunützen.

Im Centrum des Kohlenfeldes, tief unter der Oberfläche der Erde werden wir gewaltige Dampfmaschinen aufstellen, denen die Kohle auf dem denkbar kürzesten Wege zugeführt wird.

Die Arbeitsleistung dieser Maschinen werden wir in Elektrizität umwandeln und einfache Kupferkabel werden die elektrische Energie nach jeder gewünschten Richtung fortpflanzen. Jede Stadt wird nebst ihrer Wasserleitung auch eine Elektrizitätsleitung besitzen, deren

Zweige jedem einzelnen Hause Licht, Wärme und Arbeitskraft bringen.

Gedenken wir noch einer der wichtigsten Anwendungen der elektrischen Kraftübertragung: der elektrischen Eisenbahn.

Befestigen wir auf einem Eisenbahnwagen einen Elektromotor, führen wir von einem feststehenden Elektrizitätserzeuger einen Strom durch die eine Schiene dem Motor zu und durch die andere Schiene zurück, verbinden wir schliesslich die Achse des Motors mit jener des Bahnwagens, ¹⁾ so werden wir denselben in Bewegung setzen können.

Nach diesem einfachen Principe sind fast alle derzeit bestehenden elektrischen Bahnen eingerichtet. Allerdings hat man die Detailconstructions mannigfach abgeändert.

Der erste derartige Vorschlag ging von Dr. Werner Siemens aus. Er beabsichtigte, Berlin mit einem Netze elektrischer Hochbahnen auszustatten, um einen Theil des Verkehrs von den oft überfüllten Strassen abzulenken.

Siemens dachte diese Hochbahn in folgender Art: Auf eisernen Säulen von $4\frac{1}{2}$ M. Höhe ruht eine leichte fortlaufende Brückenconstruction, die ein Geleise von 1 M. Spurweite trägt. Auf diesem bewegen sich kleine Personenwagen, deren jeder 15 Passagiere aufnehmen kann. Jeder Wagen trägt seinen eigenen Elektromotor, eine Siemens'sche Dynamomaschine, deren Polklemmen

¹⁾ Dies kann durch Riemen oder Zahnräder geschehen.

mit den eisernen Radkränzen in leitender Verbindung stehen; und zwar ist die eine Polklemme mit den Radkränzen auf der rechten Seite, die andere mit jenen auf der linken Seite des Wagens in Verbindung.

Die Zuleitung der Elektrizität erfolgt durch die Schiene und die Brückenconstruction.

Siemens berechnet den Widerstand dieser Zuleitung mit $\frac{1}{90}$ Siemens-Einheit für den Kilometer. Es würde demnach der Widerstand für eine zwölf Meilen lange Bahn erst eine Siemens-Einheit oder nahezu ein Ohm betragen. Dieses Project, sowie ein ähnliches, das Chretien und Felix für eine Hochbahn über die Pariser Boulevards ausgearbeitet haben, ist allerdings bis jetzt noch nicht zur Ausführung gekommen. Hingegen besteht schon seit zwei Jahren eine elektrische Bahn zwischen Berlin und dem Cadettenhause in Lichterfeld.

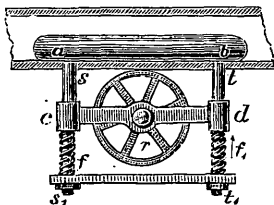
Man war zuerst der Meinung, dass es nicht möglich sei, mehr als einen Wagenzug auf einer und derselben Theilstrecke der Eisenbahn zu bewegen. Diese Voraussetzung hat sich als unrichtig erwiesen. Am 4. Januar 1882 wurde durch Versuche auf der Lichterfelder Bahn gezeigt, dass auch mehrere, in grösseren Distanzen einander folgende Wagen durch ein und denselben feststehenden Elektromotor bewegt werden können. Bald darauf eröffneten Siemens und Halske an Stelle der Pferdébahn, die von Berlin nach Charlottenburg führt, eine elektrische Bahn. Dieselbe ist $2\frac{1}{3}$ Kilometer lang und wegen des bedeutenden Gefälles bemerkenswerth, da mehr als die Hälfte der Bahn in einer Steigung von $\frac{1}{30}$ liegt.

Bei gewöhnlichen Locomotiveisenbahnen ist das normale Maximalgefälle $\frac{1}{40}$ und nur in aussergewöhnlichen Fällen geht man bis auf $\frac{1}{35}$.

In Paris verkehrte während der elektrischen Ausstellung ein nach dem Muster der Pariser Tramway erbauter Omnibus zwischen der Place de la concorde und dem Ausstellungsgebäude in den Champs elysées. Derselbe erhielt seine Bewegung von einer im Ausstellungspalaste befindlichen Dynamomaschine.

Die Zuleitung konnte aber nicht durch die Schiene geführt werden, da die Bahn als gewöhnliches Trammgeleise im Niveau der Strasse geführt war, so dass bei nasser Witterung die Elektrizität auf kurzem Wege durch die Strassenfeuchtigkeit von einer Schiene zur anderen geleitet wurde. Man bewerkstelligte die Zuleitung der Elektrizität durch zwei Messingrohre, welche parallel der Bahn an hohen hölzernen Säulen befestigt waren. Dieselben wurden wohl von einander isolirt und an der unteren Seite ihrer Längsnach aufgeschlitzt.

Fig. 6.



Im Innern jedes dieser Rohre glitt ein Messingkörper $a b$ von der Gestalt eines Weberschiffchens, der mit zwei, durch den Schlitz nach abwärts herausragenden Stielen ss_1 tt_1 versehen war, wie dies die nebenstehende Fig. 6 zeigt.

Diese beiden Stiele dienten einem Querstück $c d$ als Führung. Das letztere trägt die Lager für die Achsen

eines kleinen Messingrades r , das durch den Druck der Federn $f f_1$ gegen die geschlitzte Röhre gepresst wird. An diesem kleinen Contactwagen sind kurze Kabelstücke befestigt, die durch die Decke des Omnibus hindurchgeführt werden und dem beweglichen Elektromotor Elektrizität zuführen. Geräth dieser nun in Bewegung, so werden die kurzen Kabelstücke, die zu den Contactwägeln führen, gespannt und ziehen die letzteren mit sich fort. Der Omnibus konnte 50 Personen fassen und wog in vollbesetztem Zustande beiläufig $5 \frac{1}{2}$ Tonnen.¹⁾ Die mittlere Fahrgeschwindigkeit betrug 17 Kilometer per Stunde (4·7 Meter per Secunde), konnte aber auf das Vierfache gesteigert werden.

In London beabsichtigt man eine elektrische Bahn zwischen der Station Charing-Cross und dem Südostbahnhofe herzustellen, welche quer unter der Themse hindurch als Tunnel geführt werden soll. In Irland wurde vor etwas mehr als Monatsfrist eine elektrische Bahn von sechs engl. Meilen Länge zwischen Portrush und Bushmill (Giants Causeway) in der Grafschaft Ulster eröffnet. Dieselbe ist insofern merkwürdig, als man zur Elektrizitätserzeugung Wasserkraft benützt, was die Rentabilität des Unternehmens ausserordentlich erhöht.

Die Betriebskosten bei Verwendung von Pferden, Dampf und Elektrizität verhalten sich²⁾ wie 23 : 15 : 2.

1) 1 Tonne = 1000 Kilo.

2) Nach Angabe des Unternehmers Dr. Troill, Scherif von Antrim.

Diese Zahlen sprechen deutlich genug; sie sagen uns, dass die elektrische Kraftübertragung nicht allein eine Zukunft hat, sondern dass sie schon gegenwärtig mit grossem wirthschaftlichen Vortheil benützt wird.

Hoffen wir, dass auch bei uns die Naturkräfte bald in ausgedehnter Weise zur Verwendung kommen, damit auch unser schönes Vaterland an den bedeutenden ökonomischen Vortheilen, die wir den Naturkräften abringen können, in reichlichstem Maasse participire.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1883

Band/Volume: [23](#)

Autor(en)/Author(s): Jüllig Max

Artikel/Article: [Ueber elektrische Kraftübertragung. 421-455](#)